

Prefabricación en rehabilitación: el panel de madera contralaminada en el edificio de Ca la Dona.

Sandra Bestraten Castells

arquitecta, profesora en la Escuela Técnica
Superior de Arquitectos de Barcelona (ETSAB)
Càtedra Unesco de Sostenibilitat
Universitat Politècnica de Catalunya
sandra.bestraten@upc.edu



Emilio Hormías Laperal

arquitecto, profesor en la Escuela Politécnica
Superior de Edificación de Barcelona (EPSEB)
Càtedra Unesco de Sostenibilitat
Universitat Politècnica de Catalunya.
emilio.hormias@upc.edu



Palabras clave - prefabricación, rehabilitación, sostenibilidad, madera contralaminada

Keywords - prefabrication, restoration, sustainability, cross-laminated timber

RESUMEN

En la rehabilitación del edificio histórico de la C/Ripoll nº25 de Barcelona para su adaptación a uso público se ha realizado una apuesta estructural innovadora realizando una substitución funcional de los forjados con paneles de madera contralaminada y conservando los forjados existentes validados por la diagnosis previa.

Los forjados con paneles de madera contralaminada resuelven de forma respetuosa el comportamiento estructural de la edificación existente, dado que no modifican el estado general de cargas del edificio histórico. Su reducido peso propio permite que los muros estructurales originales sigan asumiendo su función portante, al mismo tiempo que el nuevo forjado confiere un mayor grado de estabilidad y arriostramiento a todo el conjunto. El montaje totalmente en seco conlleva la supresión de aportaciones de humedad de obra no deseadas sobre los materiales tradicionales del edificio.

Esta prefabricación flexible permite reducir considerablemente el tiempo de ejecución, mejorar la seguridad en obra y plantear a largo plazo la reversibilidad de la intervención y la recuperación íntegra del material para su reciclaje sin generar residuos de derribo.

Este proyecto abre un camino a la prefabricación de las soluciones utilizadas en rehabilitación arquitectónica permitiendo cumplir con los condicionantes normativos vigentes, e incorporando principios de sostenibilidad en el refuerzo estructural de la edificación existente.

ABSTRACT

Concerning restoring the historic building of 25th Ripoll Street in Barcelona for his adaptation to public use, it has been made an innovative structure solution based on a flooring functional substitution with cross-laminated timber panels while preserving the existent floorings validated by the initial diagnosis.

Cross-laminated timber panels floorings respectfully resolve the structural behavior of the existing building as they do not alter the overall charge of the historic building. Its low weight enables the original structural walls to continue as load bearing, while the new flooring confers a greater degree of stability and bracing to the whole building. Completely dry assembly allows the removal of unwanted dump on the original building materials.

This flexible prefabrication significantly reduces implementation time, improve safety at work and bring long-term reversibility of the intervention and the full recovery of material for recycling without generating demolition waste.

This project opens a way to the prefabrication of the solutions used in architectural restoration, meeting the current regulatory constraints, while incorporating sustainability principles into the structural reinforcement of the existing building.

1. Contexto actual

Sostenible es aquello que perdura¹. La rehabilitación es adecuar y reforzar un edificio existente dotándolo de la estabilidad, estanqueidad y servicios necesarios para su reutilización, alargando su vida útil, perdurando. A priori es una acción de ahorro energético por el aprovechamiento de las estructuras existentes. Sin embargo, las intervenciones estructurales no siempre se limitan a actuaciones puntuales sino que en algunos casos los edificios son rehabilitados sustituyendo la totalidad de la estructura del edificio con soluciones no siempre consecuentes con la sostenibilidad.

La intervención en forjados de madera históricos está limitada a unos condicionantes previos que hay que tener en consideración a la hora de elegir la solución de refuerzo. Estos condicionantes obligan a considerar aspectos como los requerimientos de carga o la presencia de preexistencias y a su vez comportan la búsqueda de soluciones de fácil adaptabilidad al forjado, flexibilidad de ejecución y maniobrabilidad de montaje. A los condicionantes técnicos hay que sumar el coste económico; normalmente las soluciones más económicas pasan por actuar por la cara inferior. En estos casos conseguimos evitar la sustitución de pavimentos y tabiquería. En contraposición estas soluciones resultan normalmente “ortopédicas” y no permiten disfrutar de una solución arquitectónica elegante de los elementos históricos. En muchos casos, la necesidad de reforzar un forjado de madera viene dada por el incremento de sobrecargas que supone un cambio de uso. La necesidad de cumplir los requerimientos normativos obliga a redefinir el comportamiento mecánico de todo el edificio con intervenciones integrales.

En los criterios de intervención integral aplicados en las dos últimas décadas en Cataluña hay una tendencia importante hacia la utilización de soluciones basadas en el hormigón armado, en especial la capa de compresión encima de las vigas existentes o incluso la sustitución funcional integral por estructuras independientes con forjados de hormigón armado o chapa colaborante. En general se observa cierta desconfianza hacia las soluciones basadas en la utilización de madera. La madera estructural estuvo condicionada hasta hace pocas décadas por la limitación obligada de las dimensiones de los troncos, así como por la presencia de nudos y otras singularidades propias del material. A estos aspectos intrínsecos se sumaron la dificultad para conseguir madera estructural, el control del ataque de los xilófagos y la estabilidad frente al fuego.

Las técnicas de laminado, desarrolladas a partir de los años 40 con el descubrimiento de las colas sintéticas, permitieron a la madera ampliar sus posibilidades gracias a la capacidad de producción de elementos de dimensiones prácticamente ilimitadas. Paralelamente al avance de las técnicas de laminado y encolado siguen apareciendo nuevos formatos que abren el camino para su aplicación en nuevas tipologías edificatorias y nuevas soluciones constructivas. En la actualidad, a pesar de un contexto de falta de protagonismo de la madera en el mercado de la construcción nacional, se está implantando con cierta rapidez un nuevo producto estructural con un amplio camino por explorar: el panel de madera contralaminada.

¹ Toni Solanas, Dani Calatayud i Coque Claret “34 Kg de CO2”. p. 45. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya 2009

2. Prefabricación en rehabilitación estructural

Entre los retos a los que la rehabilitación de la edificación existente debe afrontar destacan la necesidad de incorporación de criterios de sostenibilidad sólidos y la utilización de soluciones que permitan incorporar valores propios de la arquitectura industrializada, optimizando los tiempos de producción y ejecución con montajes en seco, que a su vez mejoren las condiciones de seguridad durante la realización de las obras.

La utilización del panel de madera contralaminada en la consolidación estructural del edificio de Ca la Dona representa una innovación en la industrialización de los procesos de sustitución funcional de forjados en rehabilitación con un material de bajo impacto ambiental. La industrialización abierta propuesta, permite diversidad infinita de medidas de piezas, incluso posibles ajustes en la obra y modificaciones estructurales durante la vida útil del edificio, ofreciendo un modelo de futuro: LA PREFABRICACIÓN FLEXIBLE.

La solución adoptada cumple con los requisitos propios de la prefabricación convencional y aporta nuevos valores añadidos como el patronaje abierto, posible gracias a la informatización del corte en fábrica sin necesidad de amortizar moldes.

3. Criterios de intervención en el edificio de Ca la Dona.

3.1. Características particulares del edificio existente

El edificio objeto de rehabilitación, situado en la calle Ripoll 25 del barrio de Ciutat Vella en Barcelona, es fruto de una evolución histórica que tiene sus inicios en época romana con vestigios de uno de los acueductos que alimentaban la ciudad de Barcino. El edificio tiene su origen en época medieval. Desde entonces diferentes períodos históricos han dejado su huella con intervenciones de ampliación en planta, remontas en altura y apeos de paredes de carga. Esta historia tan viva nos proporciona un edificio de una gran heterogeneidad de soluciones constructivas tanto en forjados como en elementos verticales de carga. En este sentido encontramos pilastras y muros de piedra, tapia y ladrillo macizo; arcos de piedra medievales y arcos de ladrillo decimonónicos; forjados de madera con bovedillas cerámicas, forjados de madera con arcos de ladrillo y forjados de viguetas metálicas.

3.2 El panel de madera contralaminada como solución material de los forjados

El planteamiento inicial previsto en el proyecto ejecutivo respondía a la pretensión de utilizar una solución constructiva ligera basada en la madera como refuerzo activo integral con la colaboración de las viguetas existentes. De esta forma el canto del tablero puede ser menor ya que las vigas existentes asumen cargas. La flecha variable de cada viga implica la dificultad de añadir un encaje que defina un plano para conectar de forma homogénea con todas las vigas. La conexión con el muro viene también asumida por el empotramiento de las vigas y escuadras puntuales por la parte inferior. Sin embargo, durante el proceso de obra, los requerimientos de la

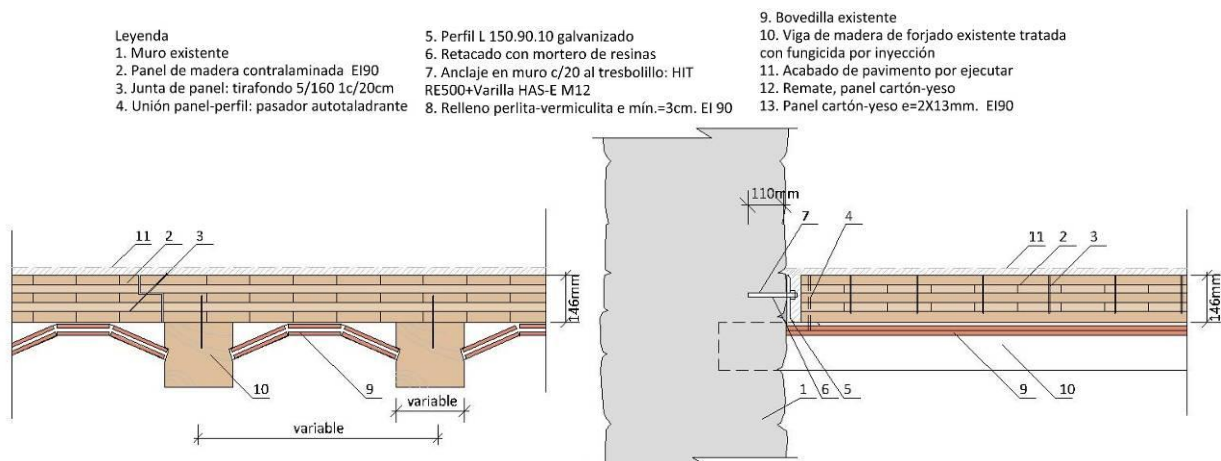


Figura 1 – Detalle de refuerzo de forjados existentes. Previsión de proyecto

propiedad y el reducido tiempo de ejecución llevaron al ajuste de la solución inicialmente prevista y se optó por la substitución funcional de los forjados manteniendo en muchas zonas la estructura de forjados de madera existentes desprovistos de su función portante. (ver figura 1).

La solución aplicada consiste en la substitución funcional de forjados utilizando paneles de madera contralaminada como material de forjar. (ver figura 2).

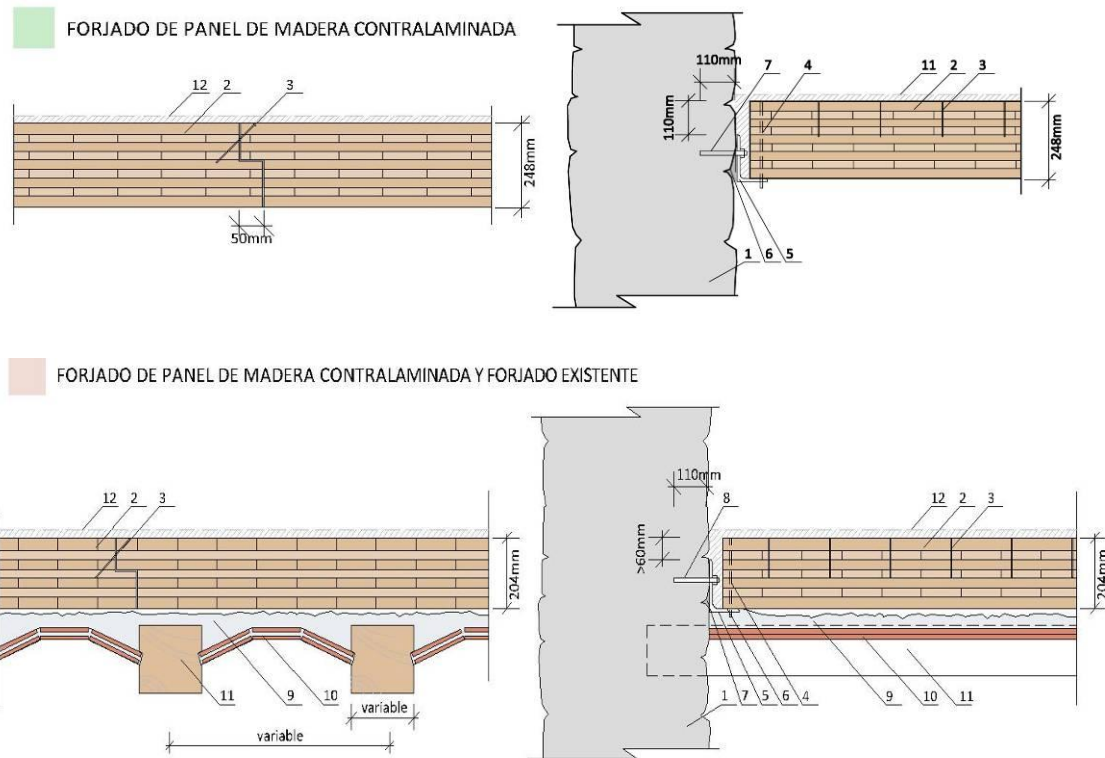


Figura 2 – Detalles de la solución de forjado sin la colaboración de la estructura existente: Encuentro entre paneles. Encuentro entre paneles y paredes de carga existente.

La madera contralaminada (la marca utilizada ha sido KLH) se compone de láminas de abeto o pino estratificadas bidireccionalmente de forma alterna. Las láminas se encolan y se prensan a gran presión en fábrica, obteniendo como resultado placas de madera maciza de gran formato. Mediante la colocación cruzada de estas capas longitudinales y transversales, los coeficientes de contracción y dilatación se reducen y se incrementa la resistencia y la estabilidad estática. El espesor de los paneles puede llegar hasta los 600 mm, con anchos de 2,9-2,4 m y longitud máxima de hasta 18 m condicionada básicamente por el medio de transporte.



Figura 3 – Detalle del despiece de los paneles de madera del forjado de planta primera.

La ventaja del material respecto a otros productos de construcción con madera se encuentra en la capacidad de transmitir cargas en cualquier dirección, produciendo un efecto placa realmente efectivo que permite considerar el forjado como una unidad monolítica y rígida.

En la rehabilitación que se presenta hemos trabajado con paneles de 1,2 m de ancho, la mitad del panel completo, con tal de garantizar su movilidad y manipulación en la obra existente.

Las longitudes utilizadas son las propias de las luces de cada sala y los espesores han sido de 202mm para luces inferiores a 5,3 m y 245mm para luces inferiores a 6,5 m. Concretamente en esta obra se han colocado 272 paneles, cada uno de ellos con medidas de longitud y ancho propias, con unos encajes entre paneles que corresponden con los paneles contiguos siguiendo un orden y ubicación específica de colocación en el edificio. (ver figura 3).

3.3 Integración de un sistema industrializado en rehabilitación

La innovación aportada y aplicada en la obra consiste en utilizar los paneles de madera contralaminada en rehabilitación, industrializando los procesos de producción y montaje de los forjados en este tipo de obras.

El proceso de industrialización comienza con un levantamiento previo de la totalidad de las salas del edificio. Seguidamente se dibuja en soporte informático el despiece más adecuado en función de los requisitos estructurales y del proceso de montaje previsto. La información gráfica digitalizada se envía directamente a fábrica donde se cortan las piezas con las medidas exactas de cada sala con sistemas de mecanización totalmente informatizados. Finalmente se aplican los tratamientos fungicidas correspondientes mediante pulverización también en fábrica.

Paralelamente en obra se colocan los angulares metálicos de acero galvanizado tipo L donde se han de apoyar los paneles de madera contralaminada, junto con el resto de los trabajos de consolidación de elementos estructurales (cimentación, muros de carga, arcos, dinteles, etc.), así como los trabajos de excavación arqueológica.

Los paneles se trasladan a obra en camiones y llegan ordenados en series según el orden de montaje establecido.

3.4 Proceso de montaje

Uno de los retos más importantes de la propuesta es desplazar los paneles prefabricados por el interior del edificio. Las dimensiones de los paneles más grandes son de 1,2 m de ancho por 6,5 m de longitud con un espesor de 245 mm y peso aproximado de 900 Kg. El principal éxito de la

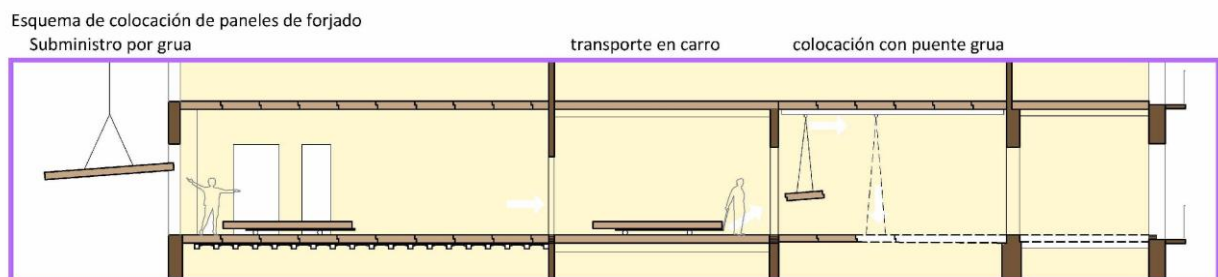


Figura 4 – Esquema del proceso de movilidad y colocación de paneles por el interior del edificio.

aplicación es haber conseguido este propósito gracias a la utilización de toda una serie de medios auxiliares que han permitido desplazar, girar, elevar y colocar paneles de importantes dimensiones y pesos de una manera sencilla y sin esfuerzo físico humano relevante, aprovechando los propios paneles de madera contralaminada. (ver figura 4 y 5).



Figura 5 – Proceso de montaje. Guías y poleas colgadas siempre del forjado superior ya consolidado.

Primero se ejecutó el forjado de cubierta, permitiendo garantizar la estanqueidad del edificio. Este primer forjado se colocó con grúa de obra y nos proporcionó garantías estructurales para poder colgar del mismo los perfiles, guías y poleas necesarias para la colocación de los forjados de la planta inferior. De esta forma las cargas generadas por el movimiento de los paneles se transmiten a forjados ya consolidados garantizando la seguridad en la ejecución de los trabajos. Los medios auxiliares (guías, perfiles y poleas) se collan a los forjados de madera de la planta inmediatamente superior ya ejecutada, en cualquier punto del mismo y de forma sencilla. (ver figura 6).



Figura 6 –Proceso de montaje. Una vez colocado el primer panel, el operario trabaja sobre una superficie segura y anclado a las bridas de montaje del propio panel.

El mecanismo de conexión entre paneles y con los perfiles de apoyo ya anclados a los muros, se realiza mediante tornillería específica utilizada habitualmente en estructuras de madera. Tirafondos y pasadores que se colocan rápidamente por un único operario mientras se realiza la preparación y aproximación de los siguientes paneles, quedando el refuerzo finalizado de manera definitiva. (ver figura 2 y 7)



Figura 7 – Ejecución de las conexiones entre los paneles de madera en contacto y con el perfil metálico de apoyo

3.5 Intervención en el resto de elementos de la estructura existente.

El refuerzo de la cimentación se ha realizado mediante micropilotes arriostrados por una losa conectada a los muros portantes. La ligereza del panel de madera contralaminado ha permitido reducir a la mitad el refuerzo necesario.

La estructura vertical de paredes de fábrica de ladrillo macizo, piedra y tapial se ha ido reforzando con refuerzos metálicos específicos en función de cada caso y según las necesidades de cada dintel, arco y grieta. Se han reforzado paños de pared de ladrillo de 15 cm mediante gunitados armados. En especial la caja de escalera se ha reforzado grapando las esquinas que no tenían traba y gunitándola perimetralmente con tal de consolidar su rigidez e incrementando su capacidad para actuar como un núcleo rígido que garantice la estabilidad de las bóvedas a la catalana de la escalera patrimonial.

A nivel de los forjados existentes, se han eliminado aquellos en que la diagnosis realizada identificaba en un estado de conservación inapropiado para su mantenimiento y se han respetado el resto contribuyendo así al arriostramiento del edificio durante la fase de rehabilitación. Los forjados existentes quedan libres de cualquier función portante más allá de la de aguantar su peso propio y se mantiene la imagen original de los mismos, incluidas las decoraciones pictóricas de las bovedillas.

Todo el sobrepeso de los pavimentos de mosaico hidráulico y relleno de los senos, en algunos casos de hasta 40 cm., se han eliminado para poder realizar el tratamiento fungicida de toda la madera por inyección desde la parte superior siendo así más efectiva la impregnación de toda la madera y cumpliendo lo que establece el CTE.

Sobre los forjados existentes conservados se ha vertido una capa de perlita-vermiculita con malla de fibra de vidrio intermedia que ha permitido garantizar el agarre de las bovedillas y una superficie segura para transitar durante la ejecución de los trabajos. Este material además de ser transpirable y compatible con el resto de materiales del edificio permite garantizar la estabilidad de 90 min. a fuego dado que el punto más desfavorable tiene 2 cm. de espesor de perlita-vermiculita.

4. Mejoras en la rehabilitación de forjados de la solución adoptada.

4.1 Minimizar el impacto de la intervención estructural sobre el equilibrio de la estructura existente.

La solución es respetuosa con los edificios patrimoniales, haciendo compatible que los muros estructurales originales del edificio sigan asumiendo su función portante gracias a la ligereza de los nuevos forjados con un peso de 1,02 KN/m² los de 202 mm de espesor y de 1,24 KN/m² para los de 248 mm. Se ha procurado que el estado de cargas permanentes sea lo más similar posible al estado de cargas original del edificio, quedando los pesos propios de los forjados con un 4% menos de su peso original. Sin embargo existe un incremento considerable en las sobrecargas de uso (de 2 KN/m² a 5 KN/m²) que condiciona el espesor de los forjados ejecutados y el refuerzo realizado en los muros de carga y en la cimentación. (ver figura 10).

El efecto bidireccional aportado por los paneles de madera contralaminada debidamente conectados entre ellos y a los muros portantes y de arriostramiento aporta un mayor grado de estabilidad sobre el edificio dotándolo de una resistencia adicional no sólo frente a las acciones estáticas sino también frente a acciones dinámicas.

4.2. Respuesta a los requerimientos normativos.

Ineludiblemente la solución responde a los requerimientos normativos establecidos para el uso del edificio, en especial los estructurales y los de incendio. La solución adoptada garantiza las estabildades a fuego de 90 minutos necesarias en edificios de pública concurrencia (5 KN/m²), con el espesor propio de los paneles de forjado.

En el encuentro con el muro, el apoyo metálico debe protegerse mediante perlita-vermiculita

A nivel de cumplimiento de normativa frente a ruido aéreo, los paneles contralaminados, garantizan un aislamiento de 39dB, por lo que para cumplir con los requerimientos exigidos, la solución final consiste en:

- Pavimento de linóleo 4 mm
- Tablero de madera aglomerada, densidad 600 kg/m³ 22 mm

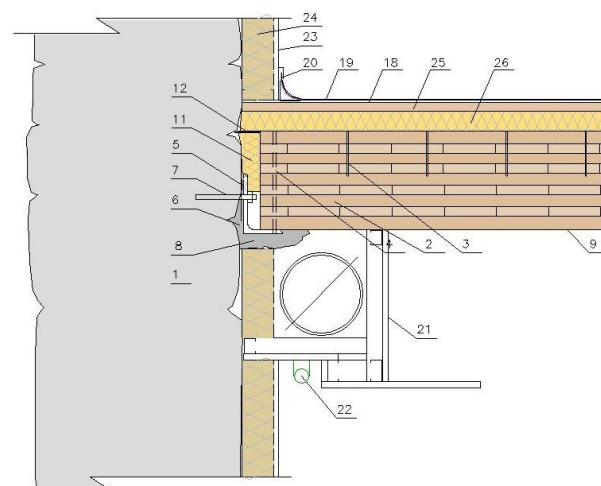


Figura 3 – Detalle del despiece de los paneles de madera del forjado de planta primera.

- Lana de Roca Rocksol-E 525 50 mm
- Panel de madera contralaminada, densidad 500 kg/m³ 204 mm

El resultado del cálculo de aislamiento para esta solución constructiva es:

$R_w = 55$ dB, garantizando el aislamiento a ruido aéreo de 55dB exigido entre recintos de distintas unidades de uso, entre recinto de actividad y recinto protegido.

$L_{n,w} = 65$ dB, cumpliendo con el máximo aislamiento a ruido de impacto de 65dB exigido.

Hay que tener en cuenta que el valor indicado para el aislamiento es un cálculo en base a los valores de aislamiento específicos de cada material. Según datos del fabricante, los valores aportados por pueden penalizarse de 4 a 10 dBA, siempre dependiendo de las transmisiones laterales que existan y de la calidad de la puesta en obra de esta solución.

4.3 Incorporación de las instalaciones.

El forjado de madera contralaminada permite ser recortado y agujereado, de este modo se facilita la flexibilidad de los pasos de las diferentes instalaciones. El paso de los bajantes en vertical se realiza mediante el recorte del forjado con un taladro específico de 150mm de diámetro y posterior sellado.

En cuanto a la distribución en horizontal de las instalaciones, si la intención es dejar visto el material de forjado y ahorrarse el falso techo, las instalaciones pueden pasarse a través de cajones laterales. En el caso del edificio de Ripoll 25, en la zona de baños, contamos con un falso techo registrable de placas de fibras vegetales, fonoabsorbentes con sistema de entramado oculto pero en el resto de salas, se coloca un cajón de placas de yeso laminado que permite el paso de instalaciones por su interior, con sujeciones de barras roscadas al techo y entramado oculto, según detalle.

4.4. La reducción del tiempo de montaje.

Esta característica se asocia a las soluciones de prefabricados de obra nueva. El traslado de una solución de prefabricación a la rehabilitación ha permitido reducir el tiempo de ejecución considerablemente, acercándolos a los de la obra nueva. A pesar de que la duración de la obra ha sido de 8 meses, hay que tener en cuenta que la mayor parte de los trabajos estructurales se han destinado a derribo, excavación arqueológica y refuerzo de cimentaciones y muros portantes.

El tiempo de montaje efectivo de los forjados ha sido inferior a los 2 meses (2.000 m²), teniendo en cuenta los condicionantes específicos del edificio que consta de 4 plantas con espacios completamente irregulares (ver figura 3). Con cualquier sistema alternativo existente en el mercado habría sido muy difícil cumplir con plazos tan ajustados, ya que las soluciones más comunes se basan en la utilización del hormigón, siendo necesario un tiempo de preparación (apeos, encofrados y armados) y una vez vertido un tiempo de fraguado para garantizar sus capacidades portantes. Además los sistemas de encofrado y apeo interfieren en el resto de trabajos de obra. Las condiciones de este edificio de 4 niveles implicarían 5 meses como mínimo, demostrando que la reducción del tiempo de montaje se dobla en rendimientos y reduce las situaciones que debilitan estructuralmente el edificio. (ver figura 10).

4.5. Compromiso con la sostenibilidad de la solución constructiva.

Se aporta un sistema sostenible con un material de bajo impacto ambiental que ha permitido en este caso ahorrar en emisiones de CO₂ del orden de 430% menores respecto a las soluciones convencionales de sustitución estructural



Figura 8 – Proceso de montaje. El arnés se asegura fácilmente a las bridas de los paneles

funcional utilizadas habitualmente (forjados con chapa colaborante o losa de hormigón). (ver figura 10).

El compromiso con la sostenibilidad solo es real cuando se obtienen los certificados que garantizan la correcta gestión de los bosques. La marca KLH dispone del certificado PEFC.

4.6. Mejora de la seguridad en obra.

La facilidad para atornillar sobre los paneles de madera permite asegurar siempre las líneas de vida y arneses. El hecho de trabajar desde la parte superior y la ligereza del material también aumentan las garantías de seguridad de los operarios, dado que no requieren grandes esfuerzos físicos para el montaje y no hay riesgo de caída del material sobre el trabajador. Concretamente, una vez colocado el primer panel, los operarios ya trabajan sobre el forjado definitivo y a la vez, pueden atar el arnés a las propias bridas de manipulación de los paneles. (Ver figura 8)

4.7. Flexibilidad y Reversibilidad



Figura 9 – Proceso de montaje. Recorte del hueco de ascensor realizado “in situ” posteriormente a la colocación de los paneles de forjado

Todos los paneles han llegado a obra hechos a medida. Aunque en caso necesario, el panel de madera permite ser cortado y agujereado en obra, facilitando el ajuste del elemento prefabricado a irregularidades o imprevistos propios de una obra de rehabilitación. (Figura 9).

El montaje, totalmente en seco, evita cualquier aportación de humedad a los elementos estructurales de la edificación existente y a la vez permite la modificación de los paneles de los forjados durante la obra o en su vida útil sin generar vibraciones ni sobreesfuerzos en el global de la estructura del edificio. Permite plantear a largo plazo la reversibilidad de la intervención y la recuperación íntegra del material de forjado para el reciclaje minimizando el impacto de los residuos de derribo.

4.8. Replicabilidad en otros edificios de rehabilitación

La solución propuesta en el ámbito del refuerzo estructural de edificios existentes abre un camino adicional que permite garantizar los condicionantes normativos actuales con una solución ligera y a la vez respetuosa con el edificio y el medio ambiente, aplicando principios de reversibilidad e innovación dentro del ámbito de la restauración y rehabilitación arquitectónica.

4.9. Validación de las bases teóricas mediante ensayos de carga

La realización de pruebas de carga estáticas y dinámicas realizadas en la obra en diferentes tramos de forjados y en los ensayos de rotura hechos en el laboratorio, nos han permitido verificar el cumplimiento de los requisitos resistentes establecidos en los cálculos.







Losa de hormigón	Forjado de chapa colaborante	Paneles de madera contralaminada
ESTADO DE CARGAS:		
Peso propio: 5,00-6,25 KN/m ²	Peso propio: 2,50 KN/m ²	Peso propio: 1,02-1,24 KN/m ²
Cargas a cimientos: + 33%	Cargas a cimientos: + 12%	
Incremento de pesos propios y cargas permanentes respecto el estado previo del edificio		
+ 54%	+ 18%	- 4%
Incremento de cargas a cimientos respecto el estado previo del edificio Sobrecargas de uso en el estado previo (residencial) 2 KN/m ² y en el estado final (pública concurrencia) 5 KN/m ²		
+ 70%	+ 45%	+ 30%
REPERCUSIÓN ECONÓMICA: Comparativa aplicada a los capítulos presupuestarios de cimentación y estructuras de la consolidación estructural en C/Ripoll 25		
+ - 0 %	- 5%	+ - 0%
REPERCUSIÓN MEDIOAMBIENTAL (Kg de CO₂): Comparativa aplicada a los capítulos presupuestarios de cimentación y estructuras de la consolidación estructural en C/Ripoll 25		
1.240.262 Kg de CO ₂ + 470 %	1.160.695 Kg de CO ₂ + 430 %	217.944 Kg de CO ₂
ESTADO DE CARGAS:		
Agotamiento de la capacidad de carga de paredes  Obliga a doblar la estructura vertical y a realizar nuevos cimientos	Necesidad de subestructura metálica  Incremento de canto (45 cm)  Obliga a derribar todos los forjados para mantener el nivel en balcones y escalera patrimonial.	No comporta variaciones substanciales sobre los estados de cargas originales del edificio.
COMPATIBILIDAD MATERIALES EXISTENTES:		
Aportació d'aigua + material no transpirable  Incrementos de humedad / Incompatibilidades químicas  Limita la durabilidad		No comporta variaciones: materiales tradicionales
Componente elevado de acero  Favorece la interferencia de más campos magnéticos		Material más saludable
TIEMPO DE MONTAJE: Según rendimientos de los equipos, los procesos en cada uno son:		
Preparación de apoyos + Montaje de encofrados o chapas + Colocación de armados + Hormigonado		Preparación de apoyos + Colocación de paneles (2-3 personas por 50 m ² /día)
TIEMPO DE ENTRADA EN CARGA:		
28 días		Inmediato
SEGURIDAD:		
Trabajos sobre encofrados y sistemas provisionales		Trabajos sobre estructura definitiva
REVERSIBILIDAD/RECICLABILIDAD:		
Afectación a toda la estructura por vibraciones Gran volumen de residuos de derribo		Construcción en seco Reutilización y reciclaje

Figura 10 – Tabla comparativa del sistema de paneles de madera con otras soluciones habituales de sustitución funcional de forjados en rehabilitación



Figura 11 – Pruebas de carga realizadas en los laboratorios de materiales de la UPC.



Figura 12 – Pruebas de carga estáticas i dinámicas en obra

5. Conclusiones

El futuro de la rehabilitación pasa por incorporar las variables propias de la sostenibilidad en los proyectos. La madera es un material, que gracias a su bajo impacto ambiental, flexibilidad, ligereza y reciclabilidad es fundamental en la consecución de dicho objetivo. Al argumento sostenibilista, hay que añadir otras mejoras ya expuestas en la presente comunicación como la seguridad de ejecución, la reducción de tiempos de ejecución o la competitividad económica.

La situación de crisis actual, en especial del sector de la construcción, ha llevado a buscar expectativas de recuperación en el campo profesional de la rehabilitación de la edificación existente. Los últimos años de construcción frenética de obra nueva, tanto de vivienda como de equipamientos ha eclipsado el trabajo laborioso de la rehabilitación, que ha seguido desarrollándose a su propio ritmo. En algunas rehabilitaciones se ha iniciado una reflexión sobre la idoneidad de utilizar el hormigón armado o el acero en el refuerzo de forjados de madera, y se plantea la necesidad de evaluar el comportamiento de los mismos en relación a la compatibilidad de materiales, la estabilidad a sismo o la durabilidad de la estructura.

La gran variedad de productos derivados de la madera existentes actualmente ha permitido empezar a incorporar soluciones de refuerzo integral de forjados históricos con madera, mejorando la compatibilidad con el resto de elementos resistentes del edificio rehabilitado. Algunos de estos productos como la madera microlaminada, los tableros fenólicos o los paneles contralaminados representan una opción innovadora, que ya se ha validado en algunas rehabilitaciones como la realizada en Ca la Dona. La madera contemporánea utilizada en el refuerzo integral o la sustitución funcional de forjados leñosos es una de las claves para la incorporación de criterios sostenibles en la rehabilitación de edificación de los próximos años.

6. Datos generales de la obra

Obra

Consolidación estructural del edificio situado en la Calle Ripoll nº 25 de Barcelona destinado a uso de Equipamiento como espacio de mujeres Ca la Dona y casal infantil municipal.

Organismos Gestores y Promotores

ASOCIACIÓN CA LA DONA

con financiación de la Generalitat de Catalunya.
Ayuntamiento de Barcelona - Foment de Ciutat Vella SA con financiación del Fondo Estatal de Inversión Local, Gobierno del Estado.

Proyecto de arquitectura y dirección de obra
Universitat Politècnica de Catalunya UPC
Càtedra UNESCO de SOSTENIBILITAT
Arquitecta/profesora responsable:
Sandra Bestraten Castells

Equipo Universidad Politècnica de Catalunya

Arquitectura: Ester Martínez, Emilio Hormías, Anna Manyes, Anna Altemir, Oihana Cuesta, Anna Haro. T.R.A.M. Josep Hierro Associats.
Estructura: Sandra Bestraten, Emilio Hormías
Crespiera Simó Diagonal Arquitectura

Arquitectura Técnica (Dirección ejecución de obra). Mireia Bosch, Anna Ortega
Coordinación de seguridad: Lidia Echániz

Constructora: SACYR

Suministrador paneles de madera contralaminada: KLH Montaje de forjados: NIX Profusta

Plazos de ejecución: Proyecto ejecutivo: Noviembre 2008 - Enero 2009. Ejecución material de la obra: Abril - Diciembre 2009.